農業氣象災害調查與防護技術
機載多譜影像系統偵測作物淹水災害之研究
65-78, 2003

機載多譜影像系統偵測作物淹水災害之研究

劉治中*、廖子毅、陳大科
工業技術研究院能源與資源研究所遙測與資訊研究室
E-mail: Cclau@itri.org.tw

摘要 ---------- 66
一、前言 ---------- 66
二、作物受淹水損害光譜反應之研究 ---------- 67
三、機載攝像系統測試 ---------- 73
四、結語 ---------- 76
五、誌謝 ---------- 76
六、引用文獻 ---------- 77
ABSTRACT ---------- 78

機載多譜影像系統偵測作物淹水災害之研究

劉治中*、廖子毅、陳大科
工業技術研究院能源與資源研究所遙測與資訊研究室
E-mail: Cclau@itri.org.tw

摘要

本研究目的在測試直昇機機載多光譜影像系統獲取農業災害資訊的可行性，測試項目包括分兩大類，包括基本的農作物因水災淹沒受損的光譜反應、及機載影像系統的整合運作測試。作物淹水傷害試驗方面，本研究對小白菜、莧菜、及西瓜實施 3 至 12 小時定時淹水，及對小白菜實施長期(48 小時)淹水後，利用高光譜輻射儀及多光譜成像儀施測，發現作物受淹水災害在一定時間內(如 1~2 天)，若暴雨停止及排水得宜，作物仍可依賴其自行調適機制回復正常生長狀態，但長至 48 小時的淹水，將對作物產生不可回逆轉的傷害，凋萎開始後，再行排水亦無法恢復正常，反應在光譜上則為 NDVI 值的急速下降。在攝像系統方面，本計畫採用輕型直昇機以為機載系統載具，直昇機雖不如定翼機可獲取高精度航照或以掃描儀攝像，但藉由低設備維護與迅速動員就位的優點，可作為輔助資料的要求。直昇機載系統的研究工作包括儀器測試、設備掛載、系統整合、觀測作業、影像處理分析等。

關鍵詞：作物淹水災害、多光譜影像、直昇機載攝像系統。

一、前言

與其它產業比較，農業生產具有相對較高的天然災害風險，針對災害帶來的損失，農委會已訂定農業天然災害查報及救助制度，如「臺灣省農情調查工作評鑑要點」、「農業天然災害救助辦法」及「農業天然災害嚴重程度認定標準」等，做為辦理農業災情查報工作之依據。並使災害發生時能立即動員相關的人力與物力，以有效率地應變處理，安定農業經營環境。

天然災害範圍廣泛，包括各種颱風、焚風、豪雨、冰雹、寒流、地震、海嘯、山崩、乾旱、病害、蟲害等，以及其他造成農、林、漁、牧業損失之天然災害。臺灣地區的農業災害以風災(尤其颱風)及水災為主，前臺灣省政府農林廳為對農作物天然災害損害率有其客觀評估指標，已出版「園藝作物天然災害損害率客觀指標」，對小白菜、青梗白菜、芥藍、萵苣等葉菜類在颱風及豪雨時的損害率，視作物受損時的生育期與受害情形（植株矮化、葉部枯黃或腐爛率、植株死亡率、減產率）而定。例如，茄果類的損害率或受害情形，視植株死亡率、幹折損率、棚架傾或倒塌率、植株死亡率、落花或落果率、果實劣化率及減產率等因素而定。農作物損失的估算方式，短期作物於遭受災害後，在當期作尚能復耕或轉作且可以收穫者，其損失金額以生產總費用之百分之五十計算。如在當期作無法復耕或轉作者，每公頃損失金額以生產總費用扣除採收工資計算，並乘以損失金額。長期作物方面，受災時

並無收穫物者，其損失金額以成園費計算。受災時有收穫物或當年可收穫者，每公頃損失金額以生產總費用扣除採收工資計算，並乘以損失面積計算損失金額。

依現行農業災害查報程序，天然災害發生後的相關農業損失，各級農情報告員應迅速蒐集農田、農作的受災資料，並編造農田及農作物災害報告，依限陳報農委會中部辦公室。漁業部分，各級查報員應迅速將漁船、漁港、魚塭等受災情況，編造災害報告表依限轉報漁業署。其中報告可分爲速報及詳報兩部份，並分別於二日及四日內完成。且規定查報人員僅僅查報已發生災害之事實，對於未來可能發生的損失不做假設性之判斷或預估，以避免非必要之爭議。另不得因農民爭吵抗爭，或因其它政治因素而影響查報結果，更不可爲爭取救助而浮報災情，避免辦理救助而隱瞞災情事實。由於各級查報員現場查核及表報工作極爲繁瑣，在極端壓縮工作時程下，速成的災害回報精確度，往往成爲事後爭議所在。以瑞伯颱風爲例，申報補助金額達十億元，經實際調查後獲得救助金額只有六億八千萬元，有近三成金額屬於溢報。

鑑於每次天然災害衍生的龐大災害救助金額，但查報工作要求時間緊迫，應用遙測技術協助估算或驗証災害損失，將可減低上述溢報爭議，進而節省政府開支。本研究主要針對水災引起的作物損失，利用直昇機載近紅外光成像儀系統及地面光譜儀，研究以直昇機載影像系統獲取農業災害資訊之可行性，研究重點有二：

1.作物受損後光譜反應：傳統上作物受損率之是以人工目測鑑定爲主，成像儀影像可以提供作物之光譜反應值，爲較詳盡瞭解作物遭受水災侵害時的損失，本研究將量測園藝類作物在不同生育期時，不同淹水情形下的光譜反應，作爲以後遙測判釋的知識基礎。

2.系統組成及系統測試：以直昇機爲載具可以機動及快速攝像以獲取災害資訊，但系統諸元之特性及整合均有待測試，例如直昇機在飛航時穩定性、成像儀之成像特性及影像校正等需作深入瞭解以供實作時之參考。

二、作物受淹水損害光譜反應之研究

(一)作物淹水後生理反應

作物受到淹水後的反應，主要是由根系缺氧而引起連串生理改變，根部缺氧時，根部的氨基碳酸(Aminocyclopropane Caboxylic Acid, ACC)無法轉化成乙烯(ethylene)，但經由蒸散作用移至葉芽的 ACC 會加強莖、葉的向上伸性，這種作用亦可以視爲植物對淹水狀態的一種適應，作物在淹水狀態下的反應可以歸納爲以下幾點 (Prasad, 1997)：(1)爲協助根部在缺氧情形下生長，作物細胞會增加縱向通氣空間，以增加氧存量，作物根系延伸生長。(2)根部產生的 ACC 被運移到幼芽，在芽部得到通氣情形下轉化成乙烯，因此而加促莖及葉的上偏性(epinasty)。(3)浸於水中的莖部因橫向細胞膨脹而肥大，增加通氣面積，有時會有根系形成。(4)一些水稻在浸水情形下，莖的節間部份會加增生長，以保持葉片維持在水面上，其他作物亦偶有同樣情形，在缺氧或零氧狀態下加速作物長高。(5)在持續浸水情形下，根部可能透過植物荷爾蒙傳送信息到莖葉部，這些信息引起葉片氣孔關閉，降低葉片擴張，產生上偏性，甚至葉片衰老。

以上述植物生理反應看淹水對作物的影響，可以發現作物在淹水初期會自行調適，若未至產生災害程度，莖葉部份會因而有不同的肥大或增高現象。在淹水時間較長後，才會作出降低葉片擴張或葉片衰老的反應，淹水與受災程度之間並無一定的必然關連。而遙測對作

物的量測，主要是以葉片的近紅外光及紅光的反射率爲作物是否健康及生物量的主要依據，葉片如何反映淹水所做成的災害，應找出一個可供客觀認定的指標。

農委會在85~86年間選擇23種蔬菜、15種果樹1種花卉，調查各種作物的生長習性，界定其生長期，做爲災害發生時對照比較的基本資料。災害發生時則調查作物受損情形，將之拍照留存並與正常生長之資料比對，藉以分析受害率；並綜合各種不同的受害情況，分析不同程度的受害特性(農委會，1997)。

針對發生天然災害時比較容易受損的園藝類作物，本研究選擇西瓜、小白菜及莧菜等三種作物進行光譜量測。選定的原因爲(1)西瓜在生育期間最怕午後大雷雨及豪雨侵襲，尤其是颱風與暴雨；因爲西瓜作物遭受雨水衝擊與浸泡後，不但容易造成植株枯萎死亡，更會使西瓜果實品質劣化或腐爛。(2)小白菜爲淺根性葉菜類，除過度集中的豪雨衝擊會造成大量的葉面破裂受損外；降雨時若田間排水不良，則長久浸泡於水中的小白菜根部易窒息枯死。(3)莧菜作物的病蟲害雖然較少，但遇豪大雨侵襲時，葉部及根部容易受損；且大雨過後若土壤浸水與通風不良，亦容易發生莖腐病，導致整株莧菜枯萎。

因此，研究中除建立上述三種園藝類作物的正常與逆境環境的光譜資料庫外，亦參考農委會編印之園藝類作物天然災害損害率客觀指標，以供實驗田淹水試驗後的遙測光譜資料比對。研究使用兩種光譜感測器，第一種爲地面高光譜輻射儀 GER-3700，其掃描光頻範圍331~2509 微米(*n*m)之間；其中光譜範圍可分爲331~1084、989~1908及1909~2509*n*m三個區間，取樣頻寬分別爲 1.5*n*m、6.5*n*m 及 9.5*n*m，共有704個波段。第二種爲多光譜影像儀(Duncan MS3100/CIR)，除可見光外，亦可量測地面近紅外影像(表1)。

(二)西瓜受淹水災害的光譜反應

西瓜作物試驗農田的地理中心位置位於TWD67 二度分帶坐標 E=215,500m，N=2,701,958m上，面積約爲0.12公頃，四週大都種植水稻。西瓜作物試驗研究的種植方式採春作方式，品種選用華寶大型西瓜，收成時可達 10~20 台斤。爲避開幼苗生長時遭受寒害，於90及91年之4月間將西瓜幼苗移植至試驗田中，栽種過程以一般的栽培方式定期施肥、除草、修藤及施藥，使其一切生長儘量正常化。在1.2分地的試驗農田中，共規劃了9條瓜畦，其間栽種了600多棵西瓜苗。西瓜試驗田自4月移植至5月中開始開花結果時，其間皆無遇到豪大雨或颱風的侵襲；因此，於5月 30 日選取半畦的西瓜田進行人工淹水試驗，淹水時間超過12小時。不過以人工淹水方式並無法立即獲得災害所需的資料。反而在淹水後的二星期，試驗田區發生一場午後大雷陣雨，不但使人工淹水的西瓜完全枯乾死亡(損害率 100%)，並造成大半的西瓜莖蔓枯萎(損害率 50~80%)。

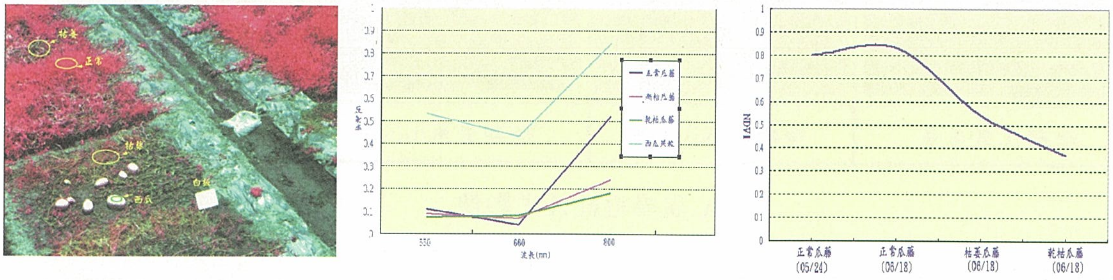
表 1. 感測器特性及各波段光譜範圍。

GER-3700 地面光譜輻射儀			DUNCAN MS3100-CIR 近紅外成像儀		
感測器型態	波長範圍	取樣頻寬	波段	中心波長	頻寬
512 Si	331~1084 *n*m	1.5 *n*m	Green	550 *n*m	40 *n*m
128 Pbs	989~1908 *n*m	6.5 *n*m	Red	660 *n*m	40 *n*m
64 Pbs	1909~2509 *n*m	9.5 *n*m	IR	800 *n*m	65 *n*m
GER-3700 總共具有704個波段數；感測器型態均爲陣列方式。			DUNCAN MS3100-CIR 拍攝的影像大小爲：1392(pixels)*1039(lines)		

針對西瓜作物試驗農田，本研究蒐集的遙測資料包括空載多譜掃描影像、GER3700 地面反射光譜、DUNCAN 紅外光成像影像及現地照片等，並配合直昇機載影像系統以 DUNCAN 紅外光成像儀進行攝像。本文以下只對紅外光成像儀之結果進行討論，Duncan MS3100/CIR 地面近紅外成像儀可同時攝取近紅外光、紅光及綠光三個波段的影像資料，所以地面近紅外影像乃針對這三個波段進行分析。另外近紅外光影像的像幅大小雖然爲 1392(pixels) *1039(lines)，但在距離地面約 15 公尺的地方拍攝影像，其空間解像力爲公分級，所以每幅影像的地面涵蓋範圍約只有 20 平方公尺。因此，分析時要將整幅影像視爲一個單元，並取各波段的波譜反射值平均代表之。

拍攝所得的地面近紅外影像光譜亮度值，會受到不同時間的大氣條件所影響。因此攝像時需於同步攝取標準白板的光譜反射資料，再藉由已經過濾定的近紅外影像與標準白板的比值，換算成各波段的反射率，並計算 NDVI 植生指數值。西瓜試驗田生育期間共進行三次量測，分別是在 4 月 27 日及 5 月 24 日進行正常生長監測及在 6 月 18 日進行災害監測。

圖 1 爲西瓜藤蔓淹水後不同受災程度之地面近紅外影像光譜反射率曲線比較圖；顯示正常生長、淹水試驗後逐漸枯萎到乾枯的西瓜田，反應在地面近紅外影像的光譜反射率是逐漸降低的，如乾枯時的光譜反射率與裸露土就極爲近似，且在近紅外光段的光譜反射率就明顯偏低。將各時期光譜反射率資訊轉換爲 NDVI 植生指數，正常生長西瓜莖蔓爲 0.85，漸枯萎的藤蔓 NDVI 值降爲 0.54，藤蔓乾枯時的 NDVI 降至 0.37。光譜反射資訊證實嚴重淹水受害區瓜田的 NDVI 植生指數均有明顯降低現象。



a.現場近紅外光影像　b.不同受災程度光譜反射率　c.不同淹水受災區NDVI曲線

圖 1. 西瓜藤蔓淹水後不同受災程度之光譜反射率曲線圖。

(三)小白菜受淹水災害的光譜反應

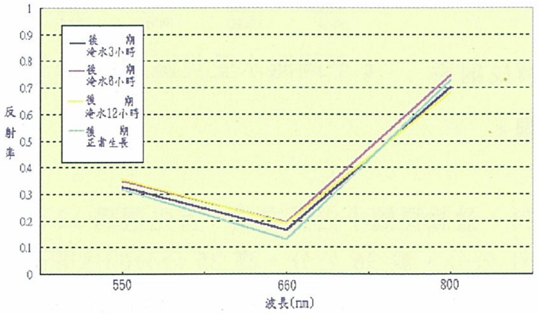
小白菜的田野試驗區原本選在竹北市市民農園內的一塊約一分地農田上，但實際整地播種後，由於雜草叢生及蟲害(粉蝶)相當嚴重，加上生長期短，不易在控制條件下獲得完整的遙測資料。本研究乃改以盆栽方式種植小白菜，並設計淹水試驗，以獲取完整的遙測資料。盆栽種植小白菜方式，首先選購 12 個長 61 公分、寬 36 公分、高 25 公分的休閒疏菜培植盆；其中 10 個用來進行試驗，2 個作爲備份用。此培植盆的特色爲盆底有一栓孔，可用來堵住排水進行淹水試驗。小白菜盆栽耕種，在 6 月 8 日首先將土白菜種仔播撒於 12 個培植盆內，2~3 天後發芽，每天早晚固定澆

水。除施以基肥外，每週亦施放液體肥料，並儘量控制其生長條件一致。爲使小白菜發育正長，當小白菜成長約 1 星期後，視其生長密度，施以間距約 5~10 公分的間拔。

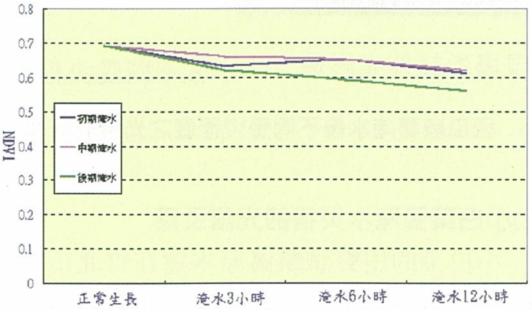
在小白菜 30 天的生長過程中，安排三次的淹水試驗，以獲取小白菜淹水受創的遙測資料，分別於生長初期、中期及採收期，每一次淹水試驗又分爲淹 3 個小時、淹 6 個小時及淹 12 個小時等 3 個控制條件。每一次淹水試驗時，爲能獲取最佳的遙測資料，必需有晴朗無雲的天氣配合，最後所選定的淹水日期分別爲 6 月 26 日、7 月 2 日及 7 月 9 日，並於淹水後的隔日進行遙測資料蒐集。

小白菜盆栽淹水試驗所蒐集到的遙測資料包括有 GER3700 地面反射光譜、DUNCAN 地面近紅外光影像、植株高度及現地照片等，其中 GER3700 所獲得資料較爲完整，可看出小白菜在不同生長階段及不同淹水等級下的反射率變化。小白菜在初期生長時受淹水的影響，比較容易顯示在光譜反應上，到了後期，葉面的衝擊破壞力比淹水來的重要；而晚期淹水所產生的破壞比較大。圖 2 爲小白菜後期不同淹水條件下之光譜反射率圖，可以看到反射光譜上在後期則沒有一定的規則產生，這可能與小白菜的受損率只有 5~20%有關。若從 NDVI 的角度來看，將光譜資訊轉換爲 NDVI 植生指數後，正常小白菜植冠光譜資料換算的 NDVI 值爲 0.6(初期)、0.65(中期)、0.67(後期)，當淹水過後，NDVI 值的變化，沒有一定的規則可尋，不過仍有略爲降低的趨勢，但不明顯，應與受災程度不嚴重有關。

a. 現場近紅外光影像



B.不同淹水條件之光譜反射率曲線



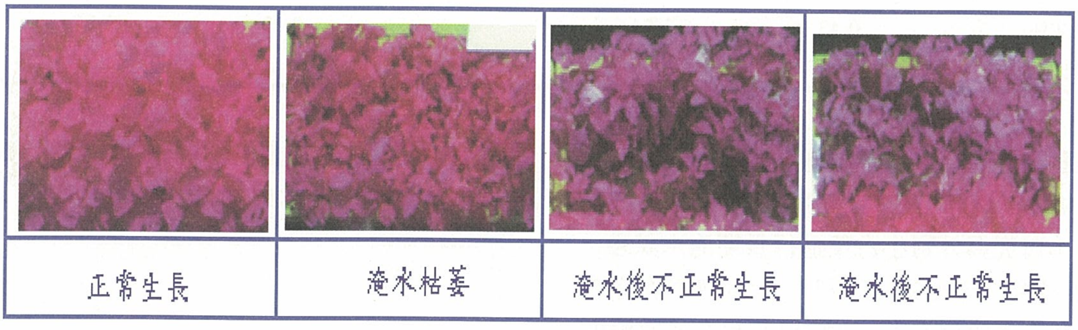
c.不同淹水受災區的NDVI曲線分佈

圖 2. 小白菜後期淹水後不同淹水條件之光譜反射率曲線比較圖。

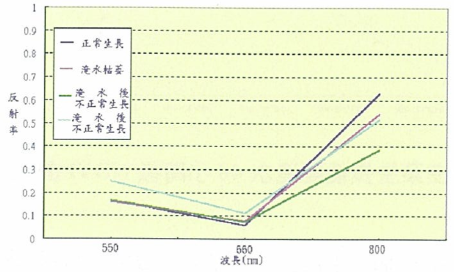
(四)莧菜受淹水災害的光譜反應

由於莧菜的生長期在夏季只有 20 天左右，比小白菜還短，因此莧菜淹水試驗田的設置仍採用與小白菜試驗相同之盆栽方式栽培莧菜作物，所使用的栽培盆與安置地點都與小白菜一樣。本試驗莧菜的盆栽耕種，於 90 年 8 月 14 日將青莧種仔播撒於 12 個培植盆內，2~3 天後開始發芽，每天早晚固定澆水。除施以基肥外，每週亦施放液體肥，並儘量控制其生長條件一致。爲使莧菜發育正長，當莧菜成長約 1 星期後，由於株距密度過高，施以間距約 5~10 公分的間拔。爲獲取莧菜因淹水受創之遙測光譜資料，在莧菜 20~30 天的生長過程中，原先與小白菜一樣安排三次的淹水試驗，分別於生長初期、中期及採收期，每一次淹水試驗仍分爲淹 3 個小時、淹 6 個小時及淹 12 個小時等 3 個控制條件。但由於天候不能配合，整個八月底到九月初，連續熱帶低壓打斷原來的試驗規劃，最後只在 8 月 28 日完成一次淹水試驗。不過此次淹水有造成不同等級的淹水災害產生。

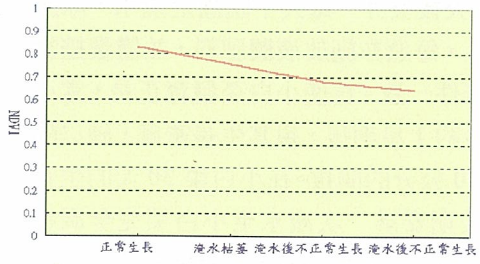
Duncan 近紅外光影像的結果如圖 3，圖中的三條正常生長光譜曲線(08/28)、(09/04)、(09/13)，其線形走勢一模一樣。至於不同受災程度的 Duncan 光譜反射曲線，正常光譜與受災光譜可明顯區分出來，不過枯萎的光譜與枯黃的光譜類似。將光譜資訊轉換爲 NDVI 植生指數後，正常生長莧菜爲 0.82，漸枯萎的 NDVI 值降爲 0.75，枯黃時的 NDVI 降爲 0.68，枯爛時則降爲 0.64 如圖 3 所示。光譜反射資訊證實不同層次的淹水受損情況下，莧菜的 NDVI 植生指數有明顯降低現象。



a. 現場近紅外光影像



b.不同淹水條件之光譜反射率曲線



c.不同淹水受災區的NDVI曲線分佈

圖 3. 莧菜淹水後光譜反射率曲線比較圖。

(五)三種作物不同受損率的比較

上述三種作物的淹水受損率可參照「園藝作物天然災害損害率客觀指標」加以判定，其中小白菜受損情況不嚴重，只有 5~20%損害率的資料，而且無完整的 DUNCAN 地面成像儀反射光譜資料。表 2 爲在不同受損率情況下的 NDVI 指數，由表中數字可發現，正常情形作物的 NDVI 指數約高於 0.7，損害率在 20~50%時，NDVI 約在 0.65~0.68 之間。若損害率嚴重至 50~80%時，NDVI 值降至 0.42~0.64 之間，損害率降低到嚴重的 80~100%時，NDVI 可能降低到 0.03。另外比較 DUNCAN 成像儀所得數值及 GER 輻射光譜儀所得數值，以前者較高，但兩者的高低變化趨勢一致。

利用上述光譜儀進行遙測數值多光譜資料的分析與比對，發現近紅外光波段的差異較大，由近紅外光及紅光所計算的正規化差異植生指數(NDVI)可作爲受損程度的指標，實驗數據亦顯示損害率愈高，NDVI 愈低(表 2)。

表 2. 作物在不同損害率情形之 NDVI 指數。

損害率	西瓜		小白菜	莧菜	
	GER	DUNCAN	GER	GER	DUNCAN
正常	0.56	0.85	0.7	0.81	0.82
5~20%	—	—	0.6	0.61	0.75
20~50%	—	—	—	0.65	0.68
50~80%	0.43	0.54	—	0.42	0.64
80~100%	0.03	0.37	—	—	—

(六)連續長期淹水對作物損害之光譜分析

爲瞭解作物在淹水受損時的完整光譜資訊，本研究另外對小白菜進行長期淹水試驗，以獲得淹水全程光譜資料，及作物凋萎時的 NDVI 指數變化過程。試驗以盆栽方式種植小白菜，首先將土白菜種仔播撒於 6 個培植盆內，2~3 天後發芽，每天早晚固定澆水。除施以基肥外，每週亦施放液體肥料，並儘量控制其生長條件一致。爲使小白菜發育正長，當小白菜成長約 1 星期後，視其生長密度，施以間距約 5~10 公分的間拔。在小白菜 30 天的生長過程之後期安排一次淹水至小白菜完全凋萎的淹水試驗。淹水試驗時，爲能獲取最佳的遙測資料，必需有晴朗無雲的天氣配合，淹水試驗共進行 48 小時，48 小時後開始排水並每一小時量測光譜一次。各時期蒐集到的 DUNCAN 影像，利用其紅外光及紅光波段計算正規化差異植生指數(NDVI)，各時期的實驗組與對照組的 NDVI 時間曲線則如圖 4。

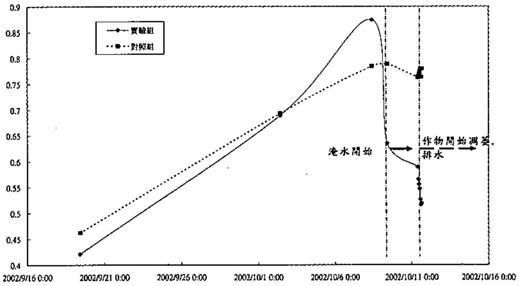


圖 4. 小白菜生長後期淹水 48 小時後 NDVI 曲線圖。

未淹水前小白菜之 NDVI 值與其他試驗值接近，幼苗期因有土壤混合像元在內，整體 NDVI 值較低約爲 0.45。在 28 天生育晚期時，葉面覆蓋率幾達 100%，NDVI 值亦達到最高約 0.8~0.85 之間。實驗組與對照組的變化斜率

接近，表示 Duncan 資料的反射率值可能因不同的太陽角或觀測角度改變，但 NDVI 值比較不變。

災損影響上，短時期淹水試驗之災損程度較輕，且淹水過後 NDVI 值的變化並無一定規則可尋，只呈現不明顯的降低趨勢。而且小白菜初期生長受淹水災害的影響較會反應在反射光譜上，到了中後期則沒有一定的規則產生，由此推斷小白菜在淹水 12 小時後仍能復元。但經 48 小時長時間淹水後，小白菜葉片已開始有凋萎現象，而且未再復元，反應在 NDVI 值上，則是由開始的 0.65，在排水後仍不斷下降至 0.5。

以上述的時間推論，小白菜受淹水災害在 12 小時以內，若能及時排水，作物仍能復元，不致發生淹水災害，但若淹水時間長至 48 小時，雖再排水作物亦無法回復，此種情況在颱風時因降雨時間長比較有可能發生，而淹水災害發生以後，NDVI 值亦即時產生改變。

三、機載攝像系統測試

(一)系統組成及系統特性

直昇機載影像系統分為兩大部分：其一是直昇機載台，另一部份是 Duncan 近紅外成像儀。Duncan 近紅外成像儀之特性已在上節說明，而載具方面，本研究採用直昇機為載台，希望藉由其靈活的滯空性能，攜載成像設備以獲取中/小面積特定地區的影像。系統定位於填補地面高層(如高空舉昇車)數十公尺以上至遙測飛機航高下限(約 1500 公尺)間之空檔，直昇機的機動性可以迅速趕往特性地點進行來回搜尋、停懸於數百公尺至數千(4000)公尺空中，並以近紅外成像儀獲取 0.26 毫弧度角解析力之影像，可以為低解析大面積影像作定點查核，或為地面地員提供局部區域之空間分布調查。

輕型直昇機於遙測事務上有低設備維護與迅速動員就位的優點，在空域許可的情況下，自決定至機場升空可小於 30 分鐘，兩個小時內可以到達台灣大部分地區作業。懸翼振動的特性雖然使其不適合獲取高精度航照或以掃描儀攝像，但仍適合一般要求的攝影工作。但因輕型直昇機結合近紅外成像儀進行空中攝像作業，在台灣仍未有足夠經驗，相關的整合工作包含儀器測試、設備掛載、系統整合、觀測作業、影像處理等，以下分別說明實施作業時的設備整備及作業程序等工作。

(二)設備整備與待命

1.裝設程序表：

機場裝備裝載的過程略如圖 5 所示，Duncan 支架與直昇機連結，為解決 Duncan 產生擺動，支架反側裝有支點固定。現有設計將 Duncan 與機身完全固定，沒有調整指向之功能，確實之影像覆蓋區完全以工業電腦之畫面為準。工業電腦於直昇機上設置並不穩固，需另以支架固+定鍵盤與機體。並以電子地圖導引與 Duncan 類比視訊輸出至液晶顯示器以協助辨識影像。

2.機場待命方式：

機場待命無法列入標準程序，近場天候由航空公司約略估計可以派飛之後便開始執行起飛前整備，駕駛員啓動引擎後便連續向機場塔台與近場台(台中守望)查詢航線天候。不良天候之停飛時機應在凌天派飛前以中央氣象局資料協調決定。

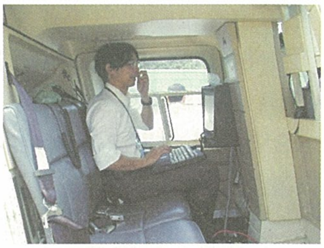
a. 裝置成像儀支架

c.裝置電腦支架

e．完成後機體外觀

b. 裝設成像儀

d. 裝置電腦



f.操作人員

圖 5. 機載攝像系統裝設過程示意圖。

3.飛行前協調：

飛行前協調應包含計畫人員向駕駛員說明目標區方位、航線航高需求、地空協同內容、進場型態、飛航規劃表說明以及作業目標說明等，兩方取得共識之後需告知現地調查人員。飛航規劃表以電子地圖表現，利用地面規劃路徑與 GPS 定位標示可提供在空人員定位參考。

(三)機上攝像操作

1.工業電腦操作：

其他如鍵盤與軌跡板之手部定位與操作無礙；螢幕亮度可辨識；間歇出現之系統省能待機需取消，改以確認電瓶電力為延長操作時間手段。

2.Duncan 架設與指向：

測試中發現無法即時在影像中辨識目標區，只能以航跡通過推估。由於電腦畫面分配 Duncan 系統控制視窗與 NI 影像卡資料擷取品質檢視視窗，同時疊置影像畫面並不適合在空操作。計畫利用 Duncan 的類比視訊輸出，或加設監視器架設監看螢幕。對於目標定位，由於直昇機飛臨目標區上空時後座乘客無法目視下方目標，機身的搖擺亦直接改變指向，因此提高操作高度以獲取較高覆蓋面積安全係數是減少目標錯失的消極辦法。

3.航線、航向與定位：

直昇機由機場起飛至目標區軌跡需定位，在沒有航線規劃圖的情形下難以判定自身方位，應使用遙測軟體將 GPS 軌跡套疊在具有座標的底圖上，以作為輔助手段。基於領航、地物辨識的工作需要，可增加一位專職工作人員。

4.航高測量：

可利用直昇機利用氣壓計式高度計估計的相對高程(600 公尺、900 公尺及 1200 公尺，距地高)，或以 GPS 獲取絕對高程。另一方法是使用雷射測距儀，但需注意其有距離。

5.影像獲取：

爲免影像抖動，曝光時間應予以需縮短，光圈值在考量景深下可以放大爲 5.6，並增加 Duncan 控制軟體增益值，抖動率約可降至原測試條件的 30 分之一。

(四)其他注意事項

1.地空聯繫：

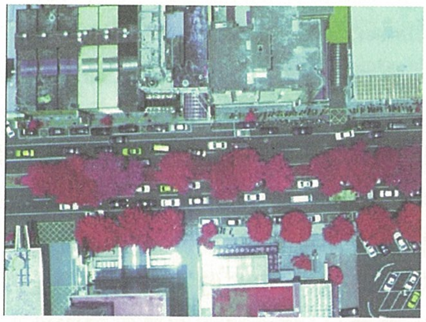
機艙成員皆須戴掛減噪耳機與座艙通話器，若需使用行動電話必須配合免持聽筒耳機，再帶上座艙之大型減噪耳機。若要達到對空導引的要求，以 VHF144 民用頻道聯繫 Duncan 操作人員與地面調查員爲較有效方式。

2.保險估計：

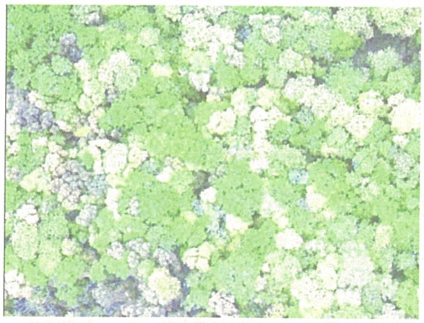
租用航空器，航空公司收費中已包含機載人員人身保險(工作人員共四人)，如實施時由實施計畫對參與人員加保，可達到重複保險。

(五)影像資料及合併

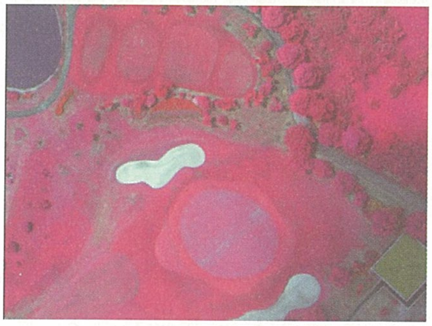
本系統所獲取之影像因包含近紅外光波段，可供計算 NDVI 指標，對作物的敏感度高於一般可見光影像。加以航高較低，空間解析力較佳，對地物的判釋能力較強。圖 6 顯示以本系統拍攝的都市、灌木林、高爾夫球場、及稻田等不同土地影像，其分辨力高於傳統航照。在製圖上，使用直昇機空攝獲取之影像因缺乏足分的位置及姿態資訊，無法如傳統航照進行正射糾正及較精密的鑲嵌，但亦可以利用已有土地坵塊或 1/5000 基本圖，進行簡單的對地糾正後即可合併爲目標區影像。圖 7 爲新社鄉大南種苗場的合併成果，配合已有地籍圖，即可對各土地進行屬性更新。



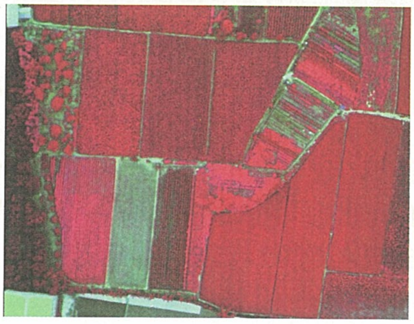
a. 都市



b. 灌木林



c. 高爾夫球場



D.水稻田

圖 6. 機載系統獲取之各不同地物影像。

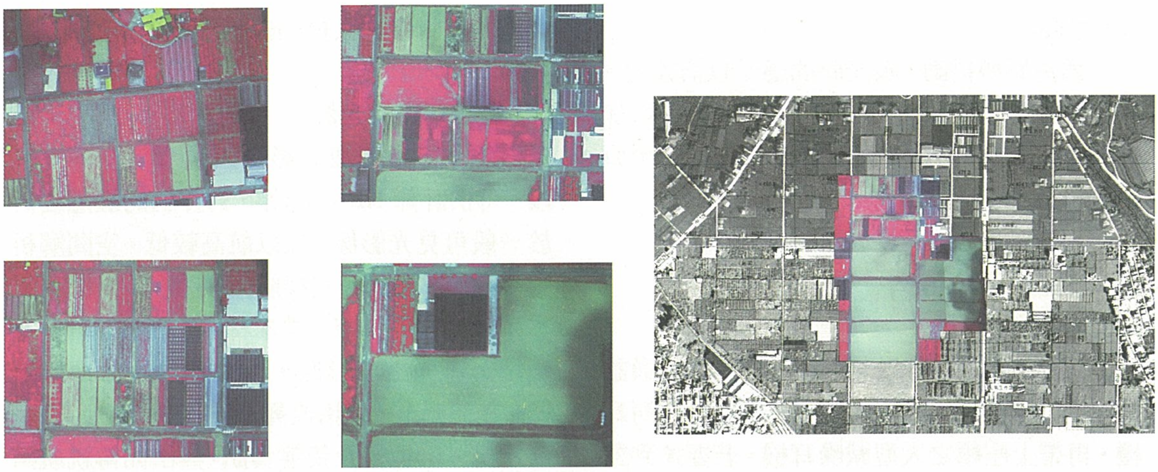


圖 7. 原始及對地糾正後之合併影像。

四、結語

農作物受天然災害之損害率可以植株凋萎、葉片受損率、植株倒伏或彎曲率、植株死亡率及減產率等五項客觀指標判斷分成四種不同程度；其中葉片受損率及植株死亡率可引起作物光譜產生較明顯差異。本研究使用高光譜輻射儀及多光譜成像儀施測作物受淹水損害後的光譜反應，實驗數據亦顯示由近紅外光及紅光所計算的正規化差異植生指數(NDVI)兩者之間有關連性，損害率愈高，NDVI 愈低。但必須考慮作物受淹水後會有自行調適機制，如條件回復，淹水不一定會產生損害。作物受淹水災害在一定時間內(如 1~2 天)，若暴雨停止及排水得宜，作物仍可依賴其自行調適機制回復正常生長狀態。但長至 48 小時的淹水，將對作物產生不可回逆轉的傷害，凋萎開始後，再行排水亦無法恢復正常，反應在光譜上，即爲 NDVI 值的急速下降。

在攝像系統方面，本計畫採用輕型直昇機以爲機載測系統載具，具有低設備維護與迅速動員就位的優點，雖然其特性不適合獲取高精度航照或以掃描儀攝像，但作爲輔助攝影工作已合一般要求。在系統實地測試中發現，直昇機航拍任務雖然可配合作業彈性施作，但行前規劃的良窳仍是決定施測成果的關鍵因素，例如航線規劃、地面狀況瞭解、裝備整備等項，都需要切實執行。而爲工作流暢，導航工作除由空中作業組利用 GPS 儀器進行外，地空聯繫及導引或導測亦可增加作業速度及準度。本系統所獲取之影像因包含近紅外光波段，可供計算 NDVI 指標，對作物的敏感度高於一般可見光影像，亦可作簡單對地糾正後合併爲區域性影像。目前本研究與農委會中部辦公室一科協調，在本年度發生淹水災害時，即進行配合性的空中攝影作業，以求對受災面積、受災程度之研判提供有用的資訊。

五、誌謝

本研究承行政院農業委員會農糧處 91 農科-5.1.2-糧-Z1(5)計畫經費支援，深致謝忱。

六、引用文獻

陳大科、徐偉城等五人。2001。遙測與資訊技術應用於精準農業先驅計畫-農作生長與農災監測。工研院能資所第 063-90-W003 號報告。101pp.

黃涵。1985。"莧菜之研究"。夏季蔬菜生產改進專輯。農委會/桃園農業改良場合輯，淑馨出版社，台北。

農業委員會。1997。 園藝作物天然災害損害率客觀指標。臺灣省政府農林廳編印，南投縣。135pp.

蕭國鑫、徐偉城、廖子毅、吳啓南。2001。不同遙測感測器資料應用於水稻監測之探討。p.1-8。第 20 屆測量學術及應用研討會。

劉治中、廖子毅、陳大科。2002。機載高解析遙測影像輔助農作災害偵測之研究。工研院能資所第 063-91-056701 號報告。45pp.

Prasad Ed., M.N.V. 1997. Plant Ecophysiology: Chapter 4: Flooding. John Wiley &Sons, New York.

Peters, A.J., S.C. Griffin, A. Vina and L. Ji. 2000. Use of Remotely Sensed Data for Assessing Crop Hail Damage. Photogram. Eng. Remote Sens. 66(11):1349-1355.

A Multispectral Imaging System for Assessing Crop Inundant Damage

Chi-chnung Lau*, Tzu-yi Liao and Dah-ko Chen
Geospacial Information Technology Lab., Energy & Resources Laboratories,
Industrial Technology Research Institute, Chutung, Hsinchu, Taiwan
E-mail: Cclau@itri.org.tw

ABSTRACT

The study used a helicopter-mounted multispectral image system to establish an auxiliary tool for assessing crop inundant damage. A series of flooding test were applied to three types of plants to find the spectrum information of plants under both health and injured conditions. These data are the base to build database for ranking disaster level. The study also established a helicopter-mounted system to assess multispectral crop image above ground. Comparing with other data source, the system provides fast data acquisition ability. Feasibility test of the system including instrument integration, data acquisition procedure, image processing, and image analysis were carried out in the study.

Key words： Crop inundant damage, Multispectral imagery, Helicopter-mounted image system.